气候变暖背景下青海省春季干旱时空变化①

刘义花[1]， 王振宇[2]， 刘彩红[1]， 朱宝文[3]
（1. 青海省气候中心，青海 西宁 810001； 2. 青海省气象信息中心，青海 西宁 810001；
3. 青海省气象干部培训学院，青海 西宁 810001）

摘 要：基于1961—2018年35个气象台站观测资料，分析了青海省农牧区无雨日数、干旱次数时空演变特征，结果表明：① 1961—2018年青海省春季平均气温呈升高趋势、降水呈增多趋势，无雨日数空间差异明显，其中，东部农业区、牧业区无雨日数总体无明显变化趋势。② 近57 a，东部农业区轻旱、中旱、特旱发生次数均无明显趋势性变化，仅重旱略有增加，进入21世纪以来，东部农业区轻旱、重旱发生次数呈增加趋势，农业区各等级干旱次数呈南多北少的空间分布。③ 近57 a，青海省主要牧业区出现干旱总次数及不同等级干旱次数均呈减少趋势。其中，轻旱减少最为明显，而牧业区各等级干旱次数呈北多南少的分布。④ 青海省春季出现灾损的旱灾次数呈减少趋势，减少率为2.4次·$(10a)^{-1}$。其中，东部农业区出现灾损的旱灾次数最多。⑤ 近57 a青海省牧业区干旱发生次数在1981年前后存在明显的突变现象，而东部农业区无明显的突变现象。

关键词：气候变暖；干旱；气象干旱综合指数MCI；时空变化；青海省

气象干旱指某一时段内由于蒸散量和降水量的收支不平衡，水分支出大于水分收入而造成地表水分短缺的现象。干旱是对青海省农牧业生产影响较大的灾害之一，据1984—2007年青海省灾情数据统计，冰雹、干旱灾害年均造成农业作物受灾面积400 km^2 以上。因此，对主要气象灾害的成因、发生发展规律及减灾新技术、综合减灾措施的研究，对今后青海省农业、畜牧业发展具有积极的意义。国内外针对气象干旱方面的研究颇多，主要指标有降水距平百分率、气象干旱综合指数MCI、相对湿润指数、土壤相对湿度等。王绍武等[1]研究了中国气候灾害变化。胡实等[2]、马柱国等[3]研究了北方干旱时空变化。王素萍等[4-10]利用不同干旱指标研究相关区域的干旱特征。李红梅等[11]研究了气象干旱监测指标在青海的适用性。汪青春等[12-14]研究了青海及东部农业区的干旱变化。刘义花等[15]研究了青海省春小麦的干旱灾害风险与区划。而本文通过青海省农牧区无雨日数、干旱次数的变化以及实际出现灾损的旱灾时空变化分析，旨在厘清近57 a来青海省春季干旱的时空演变，从而为青海省春季干旱监测、预警以及旱灾的影响评估和区划提供科学依据。

1 研究区域、资料与方法

1.1 研究区域

根据青海省各地的生态功能差异，划分了青南牧区、环青海湖地区、东部农业区、柴达木盆地，因柴达木盆地为常年干旱区，故本文主要研究了东部农业区和青海省主要牧业区春季无雨日数及干旱次数演变。其中，东部农业区包括西宁、平安、互助、化隆、乐都、民和、湟中、贵德、尖扎、循化、同仁、湟源、大通13个地区。牧业区包括治多、杂多、玉树、囊谦、曲麻莱、称多、玛多、达日、玛沁、甘德、久治、班玛、兴海、泽库、河南、同德、共和、海晏、刚察、天峻、祁连及门源22个地区。

1.2 资料与方法

选取青海省1961—2018年35个气象站逐日降水、气温、最高气温、最低气温、日照时数、相对湿度、最小相对湿度等气象观测资料，为了保证资料的完整性，对个别站点的数据进行了插补。因MCI指数计算需前期150 d资料，因此青海省春季MCI指数计算结果数据时段为1962—2018年3—5月，此外因前期干旱灾害数据缺失，本文出现灾损的旱灾数据收集时段为1990—2018年3—5月。

① **收稿日期：**2019-04-29； **修订日期：**2019-09-04
基金项目：青海省科技厅项目（2019-ZJ-603）资助
作者简介：刘义花（1979-），女，副研级高工，理学硕士，从事气象灾害风险评估与区划. E-mail：yihualiu12@126.com

本文所用气象干旱综合指数(MCI)[16]考虑了60 d内的有效降水和30 d内蒸散的影响以及季尺度(90 d)降水与近半年尺度(150 d)降水的综合影响,因此,该指数适用于青海作物生长季气象干旱的监测和评估。气象干旱综合指数公式如下:

$$MCI = ka \times (a \times SPIW_{60} + b \times MI_{30} + c \times SPI_{90} + d \times SPI_{150})$$

式中:MI_{30}表示近30 d相对湿润指数;SPI_{90}表示近90 d标准化降水指数;SPI_{150}表示近150 d标准化降水指数;$SPIW_{60}$表示近60 d标准化权重降水指数。其中,a为$SPIW_{60}$项的权重系数,北方及西部地区取0.3;b为MI_{30}项的权重系数,北方及西部地区取0.5;c为SPI_{90}项的权重系数,北方及西部地区取0.3;d为SPI_{150}项的权重系数,北方及西部地区取0.2;ka为季节调节系数,根据不同季节各地主要农作物发育阶段对土壤水分的敏感程度确定,青海省春季ka取值为1.0。气象干旱综合指数等级划分,其中无旱为$MCI > -0.5$,轻旱为$-1.0 < MCI \leq -0.5$,中旱为$-1.5 < MCI \leq -1.0$,重旱为$-2.0 < MCI \leq -1.5$,特旱$MCI \leq -2.0$。

2 气候背景

2.1 气温

1961—2018年,青海省春季平均气温为3.2 ℃(图1a),总体呈升高趋势,升温率为0.3 ℃·(10a)$^{-1}$。自1998年后升温尤为明显,1998—2018年平均气温较1961—1997年偏高1.1 ℃。从平均气温变率空间分布来看(图1b),省内各地均以增温为主,增温幅度在0.1~1.4 ℃·(10a)$^{-1}$,其中同德、大通、互助是我省增温幅度最为明显的地区。

2.2 降水呈增多趋势

1961—2018年,青海省春季平均降水量为67.7 mm(图2a),总体呈增多趋势,增幅为2.8 mm·(10a)$^{-1}$,其中2002年以来增多尤为明显,2002—

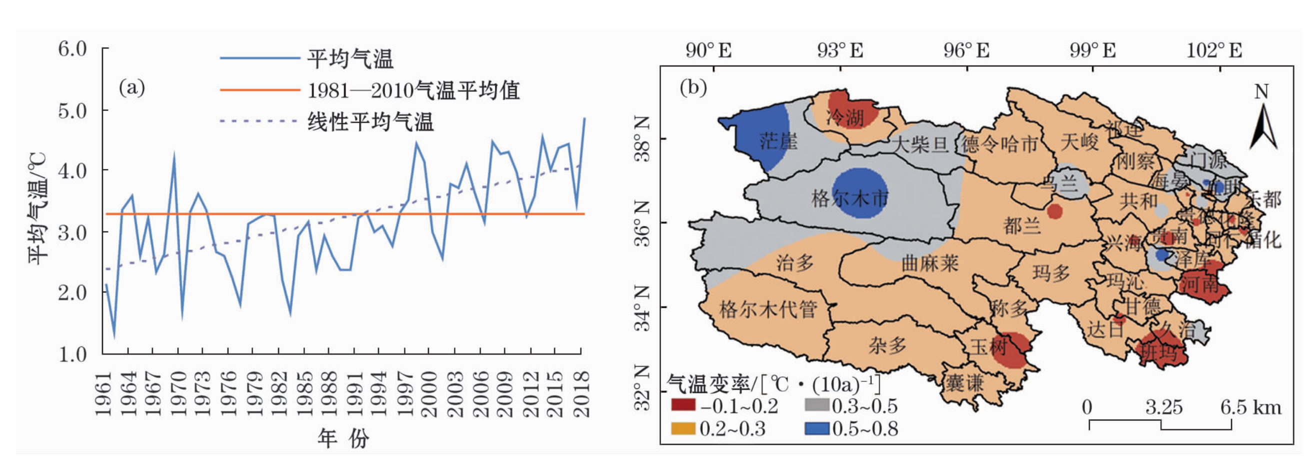


图1 1961—2018年青海省春季平均气温年际变化及气温变率空间分布

Fig1. Inter-annual variation of spring temperature and its distribution in Qinghai Province in 1961－2018

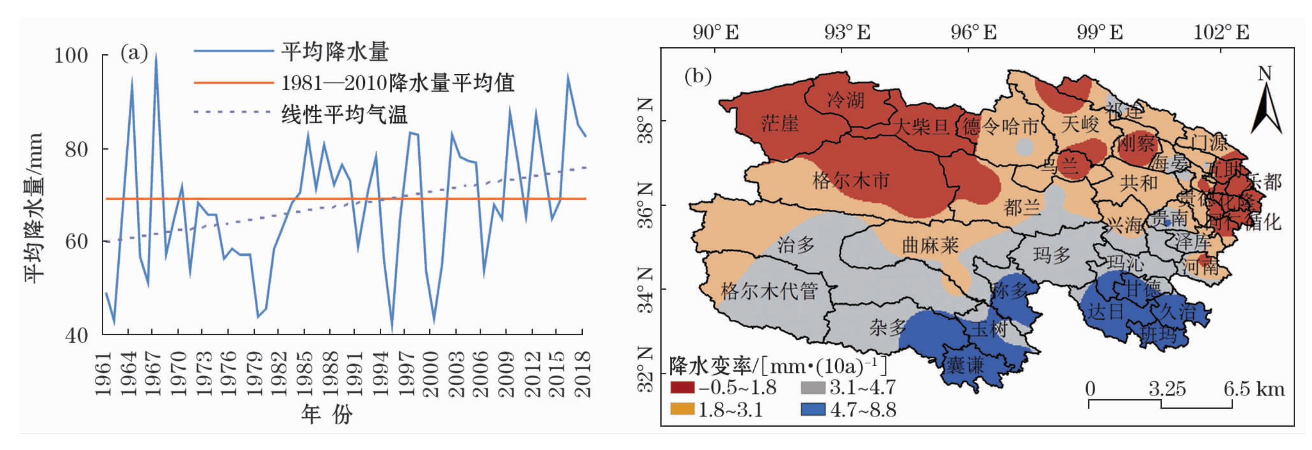


图2 1961—2018年青海省春季降水年际变化及降水变率空间分布

Fig. 2 Inter-annual variation of spring precipitation and its distribution in Qinghai Province in 1961－2018

2018 年平均降水量较 1961—2001 年偏多 16.8%。从降水变率空间分布来看(图 2b),民和、互助、刚察、大柴旦、冷湖降水呈减少趋势,减少幅度在 0.1 ~0.5 mm·(10a)$^{-1}$,其中民和为降水减少幅度最大的站点;青海省其他地区降水均呈增多趋势,增多幅度在 0.1 ~8.8 mm·(10a)$^{-1}$,青南牧区南部为青海省降水增多幅度最明显的地区,其中班玛为降水增多幅度最大的站点。

2.3 无雨日数时间变化

1961—2018 年青海省春季平均无雨日数为 67 d(图 3a),其中 3、4、5 月平均无雨日数分别为 25 d、23 d、19 d(图 3b),近 58 a 来青海省春季平均无雨日数总体无明显趋势性变化,但存在阶段性变化,上世纪 80—90 年代无雨日数减少,2000 年以来,无雨日数略呈增加趋势。从空间变率分布来看(图 3c),东部农业区及刚察、门源、河南等地无雨日数增加明显,而青南牧区及德令哈、都兰等地春季无雨日数呈减少趋势。总之,青海省无雨日数无明显变化趋势,但地域差异大。

1961—2018 年东部农业区无雨日数总体无明显趋势性变化(图 4a)。20 世纪 60、70 年代无雨日数分别为 67 d、69 d,80、90 年代无雨日数均为 67 d,

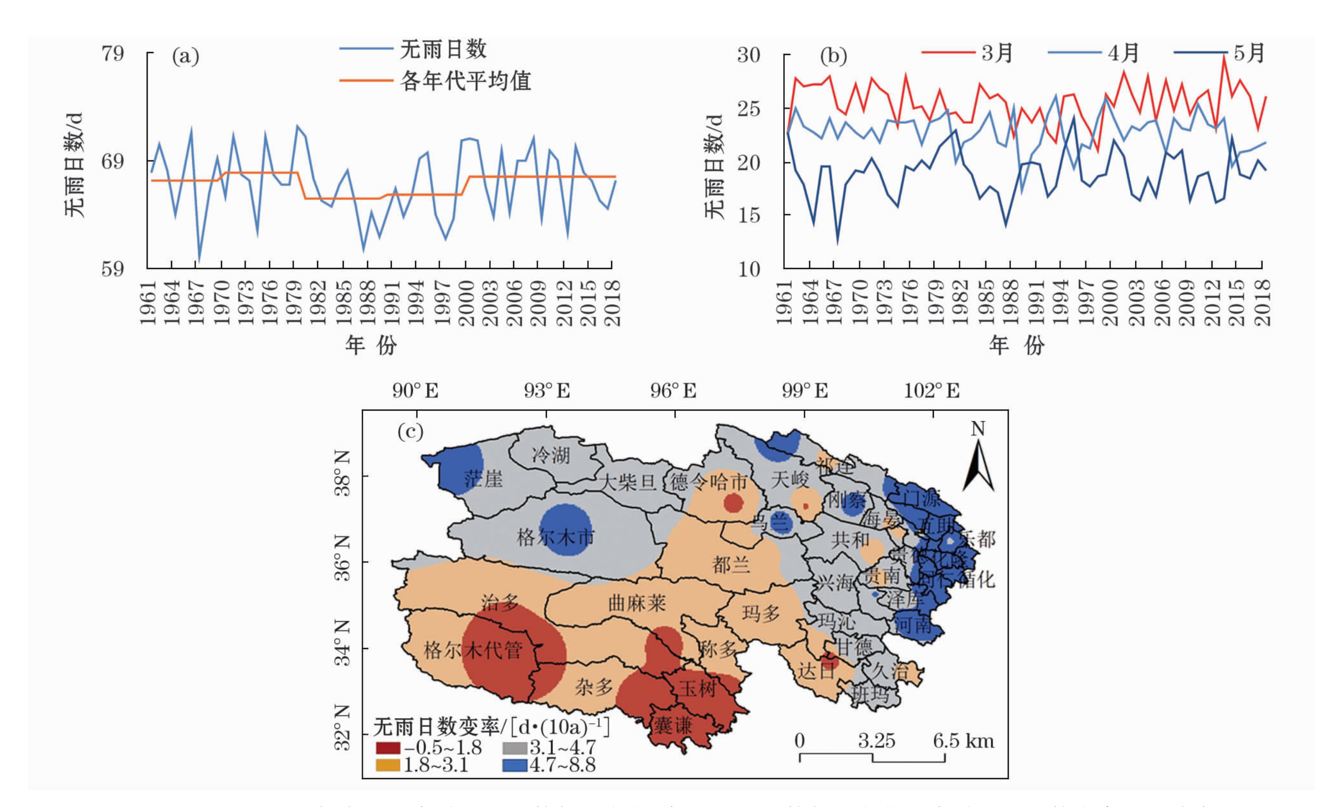


图 3 1961—2018 年青海省春季无雨日数年际变化、各月无雨日数年际变化及春季无雨日数变率空间分布

Fig. 3 Inter-annual variation of spring rainless days, each month rainless days and its distribution in Qinghai Province in 1961 – 2018

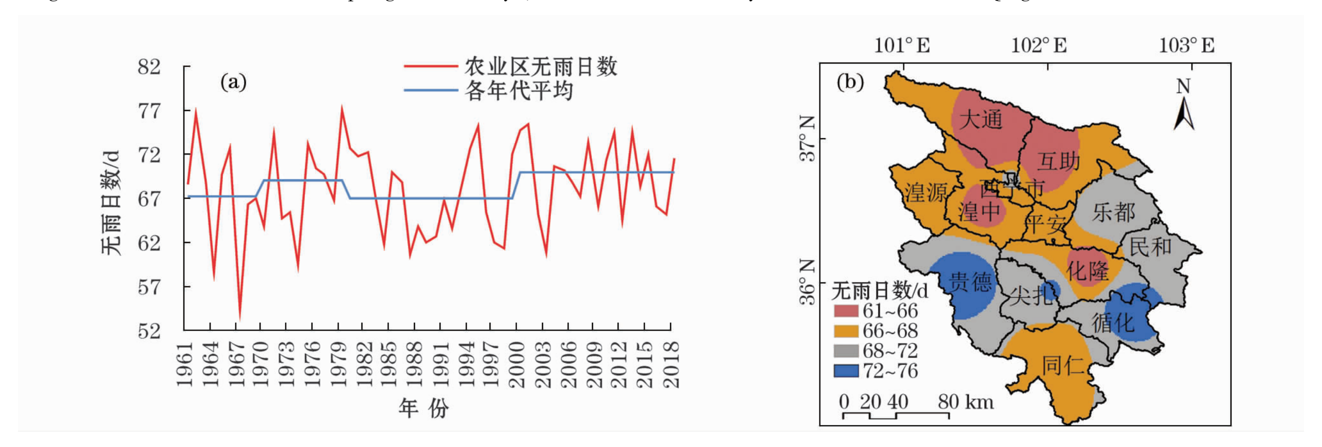


图 4 1961—2018 年青海省春季农业区无雨日数年际变化及无雨日数空间分布

Fig. 4 Inter-annual variation of spring rainless days and its distribution in eastern agricultural region in 1961 – 2018

2000 年以来,无雨日数为 70 d,较 1981—2010 平均值偏多 3 d,无雨日数占春季日数的 76.1%。从空间分布来看(图 4b),贵德、循化多年平均无雨日数在 72 ~ 76 d,尖扎、民和、乐都多年平均无雨日数在 68 ~ 72 d,其他地区在 61 ~ 68 d。

1961—2018 年青海省春季牧业区无雨日数总体无明显趋势性变化(图 5a),但期内存在阶段性变化,20 世纪 60、70 年代牧业区无雨日数均为 62 d,80、90 年代无雨日数均为 59 d,2000 年以来,无雨日数为 61 d,较 1981—2010 年平均值减少 1 d,无雨日数占春季日数的 66.3%。从空间分布来看(图 5b),刚察、共和、兴海、海晏、贵南等地多年平均无雨日数在 66 ~ 73 d,祁连、五道梁、囊谦、杂多多年平均无雨日数在 60 ~ 66 d,其他地区在 45 ~ 60 d。

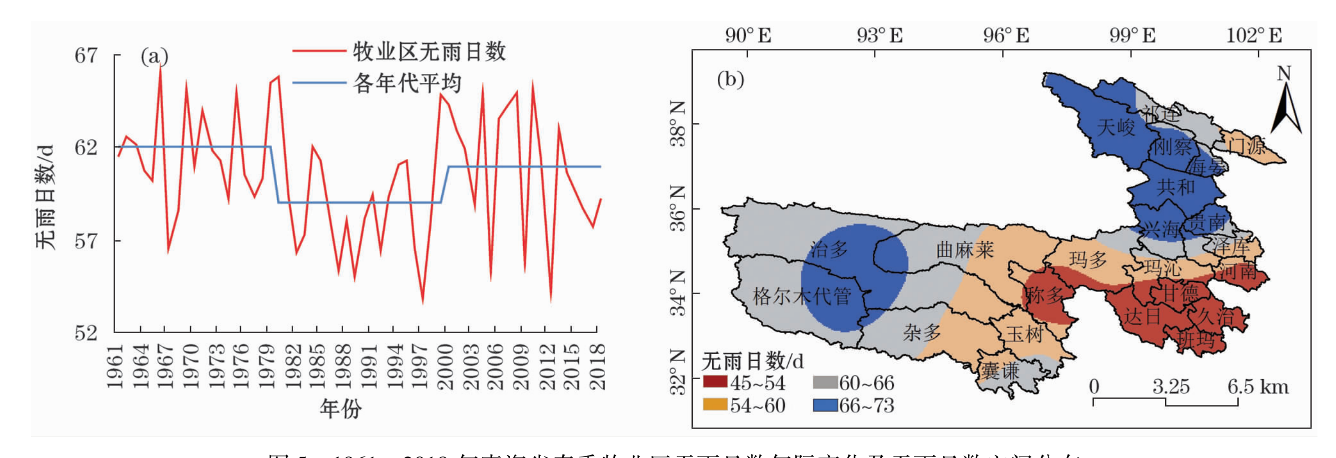


图 5 1961—2018 年青海省春季牧业区无雨日数年际变化及无雨日数空间分布

Fig. 5 Inter-annual variation of spring rainless days and its distribution in pastoral region in 1961 – 2018

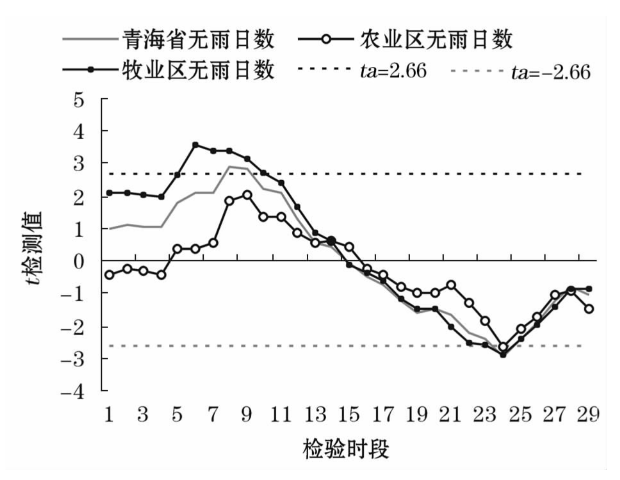


图 6 1961—2018 年青海省、农业区、牧业区无雨日数滑动 t 检验值

Fig. 6 The sliding t-test of spring rainless days in Qinghai plateau, eastern agricultural region and pastoral region from 1961 to 2018

2.3.1 无雨日数异常分析 对青海省、农业区及牧业区 58 a 来春季无雨日数时间序列采取滑动的方法连续设置基准点,并确定基准点前后两个子序列的样本相同,即 $n_1 = n_2 = 15$,用滑动 t 检验计算 1961—2018 年青海省、农业区及牧业区春季无雨日数序列突变(图 6),发现青海省、农业区近 58 a 来春季无雨日数无明显的突变现象,牧业区春季无雨日数 T 统计量最大值为 3.6(1980 年),最小值为 −2.9(1998 年),1979—1984 年超过了置信度 $a = 0.01$ 的显著性水平,表明青南牧区无雨日数在 1980 年前后存在明显突变现象。

3 干旱次数时空分布特征

根据气象干旱综合监测指数的计算方法和等级划分标准,对青海省农牧区近 57 a 来出现的干旱进行了统计分析。

3.1 农业区干旱次数时空变化分析

21 世纪以来农业区轻旱、重旱增加明显。从农业区干旱累计出现次数的时间变化来看(图 7a),1962—2018 年春季农业区干旱累计次数总体无明显变化趋势。20 世纪 60、70 年代干旱出现次数分别为 16、17 次,80、90 年代干旱出现次数分别为 15、10 次,自 2000 年以来,干旱平均出现次数为 16 次,较常年偏多 3 次。从农业区干旱分级来看(图 7b),轻旱、中旱及特旱出现次数变化趋势不明显,重旱出现次数呈略增加趋势,增加率为 0.14 次·$(10a)^{-1}$,尤其是进入 21 世纪以来,农业区轻旱、重旱出现次数增多明显,增多率分别为 4.9 次·$(10a)^{-1}$、1.1 次·$(10a)^{-1}$。

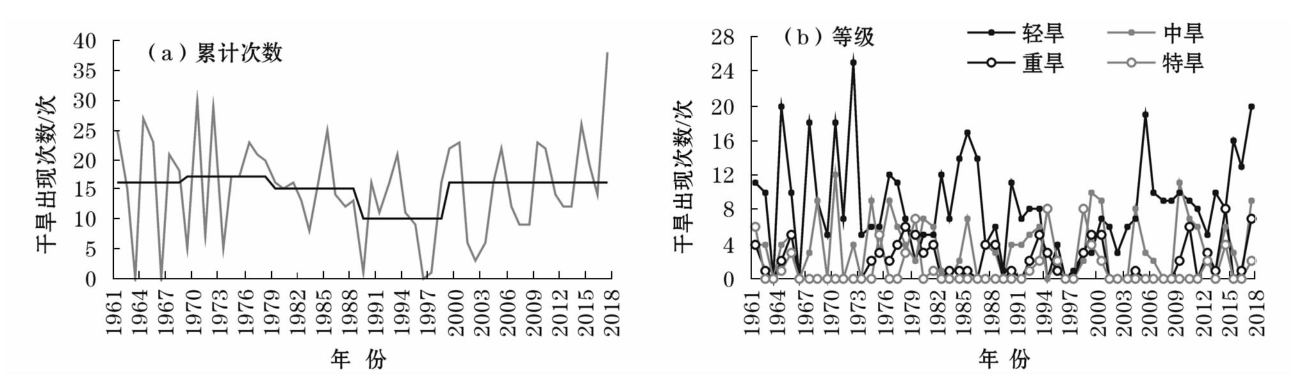


图 7　1962—2018 年青海省春季农业区干旱出现次数年际变化及不同等级干旱出现次数变化

Fig. 7　Inter-annual variation of spring drought days and different scales of drought days in eastern agriculture region in 1962 – 2018

农业区干旱发生次数南多北少。从农业区各等级干旱累计出现次数的空间分布来看,农业区各地轻旱累计出现次数在 31 ~ 72 次(图 8a),其中同仁、尖扎、循化、贵德是出现轻旱次数较多的地区;中旱累计出现次数在 13 ~ 31 次(图 8b),其中互助、同仁、湟中、乐都是中旱次数较多的地区;重旱累计出现次数在 5 ~ 17 次(图 8c),其中循化、大通、乐都、西宁是重旱次数较多的地区;特旱累计出现次数在 3 ~ 10 次(图 8d),互助、化隆、尖扎、循化、贵德是特旱次数出现的最多区,尤其是进入 21 世纪以来,民和、尖扎、乐都、大通、循化是重旱及特旱发生次数较多的区域。

3.2　牧业区干旱次数时空变化

牧业区干旱发生次数总体减少。从牧业区干旱累计出现次数的时间变化来看(图 9a),1962—2018 年春季牧业区干旱出现次数呈减少趋势,减少率为 1.7 次·$(10a)^{-1}$。其中 20 世纪 60—70 年代干旱出现次数均为39次,80年代、90年代干旱出现次数

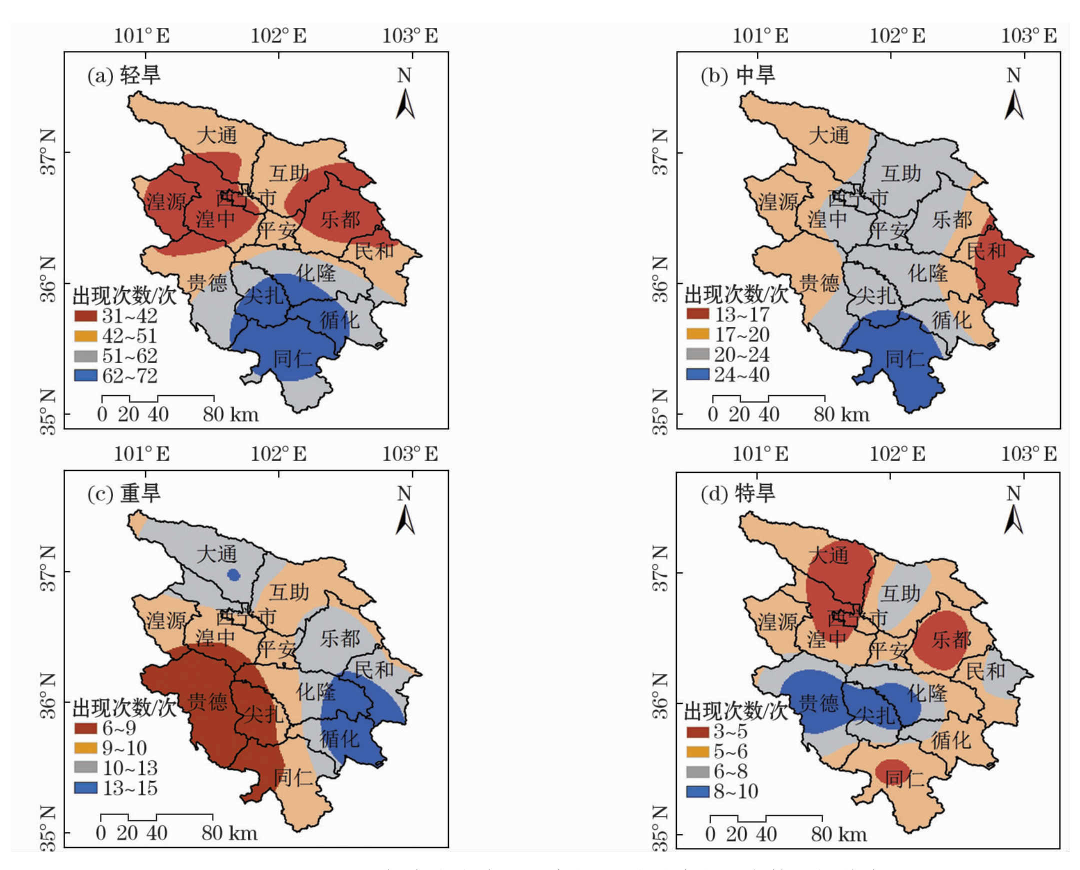


图 8　1962—2018 年青海省农业区各级干旱累计出现次数空间分布

Fig. 8　The distribution of spring drought days in easteral agricultural region in 1962 – 2018

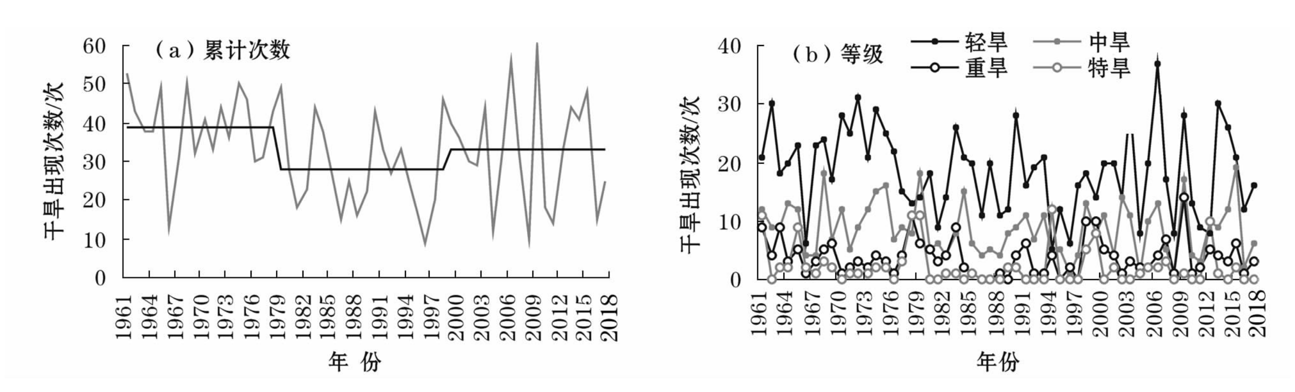


图 9　1962—2018 年青海省春季牧业区干旱累计次数年际变化及不同等级干旱次数变化

Fig. 9　Inter-annual variation of spring drought days and different scales of drought days in pastoral region in 1962 – 2018

均为 28 次,自 2000 年以来,干旱平均出现次数为 33 次,较常年偏多 3 次。从牧业区干旱次数分级来看(图 9b),不同等级的干旱次数均呈现减少趋势,减少幅度在 0.1 ~ 0.8 次 · $(10a)^{-1}$之间,进入 21 世纪以来,干旱累计次数呈明显减少趋势,减少率为 2.3 次 · $(10a)^{-1}$,其中轻旱、重旱、特旱减少率在 0.6 ~ 0.9 次 · $(10a)^{-1}$。

牧业区干旱发生次数北多南少。从牧业区各等级干旱出现次数的空间分布来看,牧业区轻旱、中旱累计出现次数分别在 15 ~ 65 次和 8 ~ 26 次(图 10a、10b),其中祁连、曲麻莱、野牛沟、天峻、门源、杂多、达日、河南是轻旱及中旱次数出现较多的地区;重旱累计次数在 2 ~ 16 次(图 10c),囊谦、托勒、门源、天峻、玉树、玛多是重旱次数出现的最多区;特旱累计次数在 1 ~ 8 次(图 10d),刚察、托勒、天峻、贵南、海晏是特旱出现的最多区。

图 10　1962—2018 年青海省牧业区各级干旱累计发生次数空间分布

Fig. 10　The distribution of spring drought days in pastoral region in 1962 – 2018

4 春季旱灾影响变化

4.1 时间变化特征

通过统计分析 1990 年以来青海省春季出现灾损的旱灾[17]情况来看(图 11),近 29 a 来出现旱灾次数总体呈减少趋势,减少率为 2.4 次·$(10a)^{-1}$。20 世纪 90 年代旱灾次数处于多发阶段,其中 1995 年 4 月玉树、河南、泽库、尖扎、同仁、海晏、贵德、化隆等 19 个县(市)发生了一次大范围旱灾,受灾人口约 6.33×10^5,受灾面积约 2.74×10^4 hm^2。但旱灾自 2004 年开始减少,其中 2013—2018 年出现灾损的旱灾次数仅 1 次。

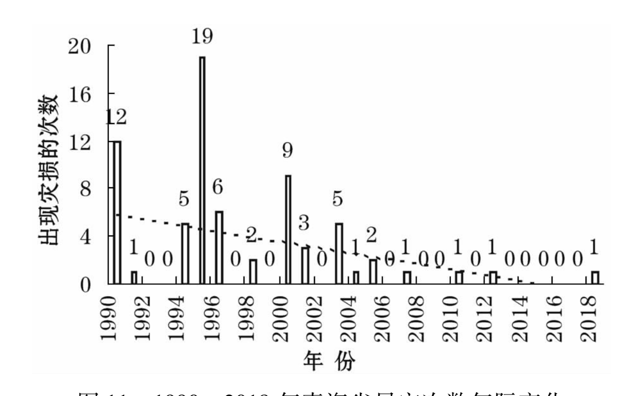


图 11 1990—2018 年青海省旱灾次数年际变化

Fig. 11 The variation of spring drought disasters times in Qinghai Province in 1990 – 2018

4.2 空间分布特征

统计 1990 年以来青海省出现灾损的旱灾次数得出(图 12),青海省各地旱灾次数在 1 ~ 10 次,其中贵德、互助、民和、共和、尖扎是我省旱灾出现次数的最多区,发生次数在 4 ~ 10 次,乐都、湟中、循化、同仁、玉树、海晏、同德、兴海发生次数在 2 ~ 3 次,是我省旱灾的次多区;西宁、湟源、门源、玛沁、河南、泽库、刚察、化隆、大通、平安等地是我省旱灾的最少区,发生次数在 0 ~ 1 次。

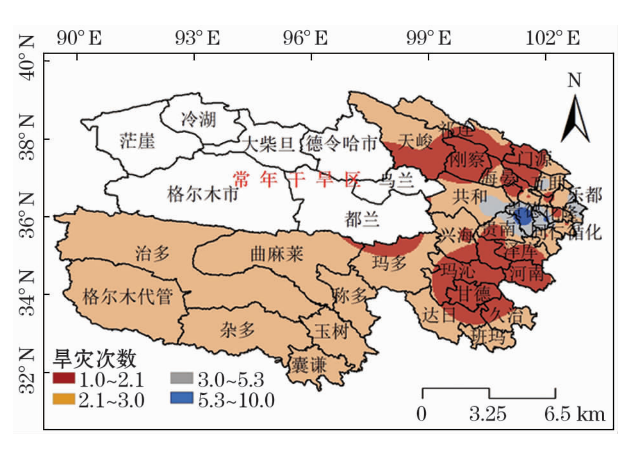


图 12 1990—2018 年青海省旱灾发生次数空间分布

Fig. 12 The distribution of spring drought disasters times in Qinghai Province in 1990 – 2018

5 干旱异常分析

对青海省 57 a 来干旱时间序列采取滑动的方法连续设置基准点,并确定基准点前后两个子序列的样本相同,即 $n1 = n2 = 15$,用滑动 t – 检验计算 1962—2018 年青海省干旱序列突变。从图 12 可以看出,青海省东部农业区 T 统计量最大值为 2.4(1989 年),最小值为 –1.9(2002 年),青海省牧业区 T 统计量最大值为 3.0(1981 年),最小值为 –1.4(1997 年),其中牧业区 1979—984 年干旱次数超过了置信度 $a=0.01$ 的显著性水平,表明近 57 a 来青海省牧业区干旱次数在 1981 年前后存在明显的突变现象,而东部农业区无明显的突变现象。

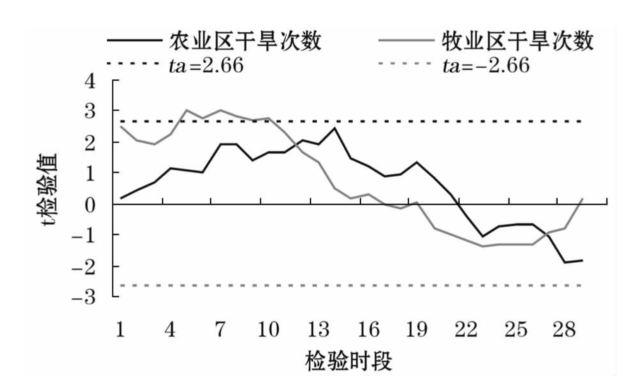


图 13 1962—2018 年青海省农牧区干旱次数滑动 t 检验值

Fig. 13 The sliding t – test of drought days in farm and pastoral areas of Qinghai Province in 1962 – 2018

6 影响春季干旱的要素分析

由于气象要素之间存在着密切的相关性,因此分别计算了春季相关气象要素与干旱次数的相关系数及偏相关系数。从表 1 可以看出,影响春季干旱的主要气象要素是春季平均降水量,春旱次数与春季平均降水量成负相关关系,相关系数及偏相关系数均经过 t 检验法检验,表明春季降水量偏多,春旱次数较少,反之亦然。

7 结 论

在 1961—2018 年青海省春季气温升温趋势明

表 1　农业区(西宁)及牧业区(玉树)代表站气象要素与春旱次数的关系

Tab. 1　The relation between meteorological elements and spring drought days

气象要素	农业区		牧业区	
	相关系数	偏相关系数	相关系数	偏相关系数
春季平均气温	-0.042	0.175	0.213	0.202
春季平均降水量	-0.549***	-0.407**	-0.469***	-0.495***
春季平均日照时数	0.328*	0.072	-0.164	-0.137
上年秋季平均降水量	-0.177	-0.217	0.131	0.033
春季平均风速	0.290*	0.072	0.277*	0.130
春季平均地表温度	-0.026	-0.216	0.032	-0.262
春季平均相对湿度	-0.352*	-0.033	-0.299*	-0.069
春季平均气压	0.197	-0.062	-0.239	-0.223

注: ***表示0.001信度, **表示0.01信度, *表示0.05信度。

显[0.3 ℃·(10a)$^{-1}$]的大背景下,本文分析了青海省春季农牧区无雨日数、干旱次数时空变化,并采用t-检验法对农牧区干旱次数做了突变分析,主要结论如下:

(1) 近57 a来,青海省春季平均无雨日数总体无明显趋势性变化,但存在阶段性变化,20世纪80—90年代无雨日数减少,2000年以来,无雨日数略呈增加趋势,其中农业区无雨日数呈增多趋势,而牧业区无雨日数呈减少趋势。

(2) 1962—2018年春季农业区干旱累计次数总体无明显变化趋势,但21世纪以来农业区轻旱、重旱增加明显,且农业区干旱发生次数呈南多北少的分布趋势;牧业区干旱及不同等级干旱出现次数均呈减少趋势,且牧业区干旱发生次数呈北多南少的分布趋势。

(3) 1990年以来,青海省春季出现灾损的旱灾次数总体呈减少趋势,在旱灾的空间分布来看,东部农业区是旱灾的多发区。

(4) 近57 a来,青海省牧业区干旱次数在1981年前后存在明显的突变现象,而东部农业区无明显的突变现象。

(5) 春季平均降水量、春季平均相对湿度均与干旱次数呈显著的负相关关系。

参考文献(References):

[1] 王绍武,龚道溢,陈振华. 近百年来中国的严重气候灾害[J]. 应用气象学报,1999,10(增刊):46-52. [Wang Shaowu,Gong Daoyi,Chen Zhenhua. Serious climatic disasters of China during the past 100 years[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1999,10(Suppl.):46-52.]

[2] 胡实,莫兴国,林忠辉. 未来气候情景下我国北方地区干旱时空变化趋势[J]. 干旱区地理,2015,38(2):239-248. [Hu Shi,Mo Xingguo,Lin Zhonghui. Projections of spatial-temporal variation of drought in North China[J]. Arid Land Geography,2015, 38(2):239-248.]

[3] 马柱国,符淙斌. 1951—2004年中国北方干旱化的基本事实[J]. 科学通报,2006,51(20):2429-2439. [Ma Zhuguo,Fu Congbin. The basic facts of drying in north China during 1951—2004[J]. Chinese Science Bulletin,2006,51(20):2429-2439.]

[4] 王素萍,王劲松,张强,等. 几种干旱指标对西南和华南区域月尺度干旱监测的适用性评价[J]. 高原气象,2015,34(6):1616-1624. [Wang Suping,Wang Jinsong,Zhang Qiang,et al. Applicability evaluation of drought indices in monthly scale drought monitoring in Southwestern and Southern China[J],Plateau Meteorology,2015,34(6):1616-1624.]

[5] 成青燕,高晓清,林纾,等. 基于MCI指标的甘肃省近50年干旱特征分析[J]. 干旱地区农业研究,2017,35(1):211-218. [Cheng Qingyan,Gao Xiaoqing,Lin Shu,et al. Drought characteristics analysis of Gansu in recent 50 years based on meteorological drought composite index[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2017,35(1):211-218.]

[6] 冯冬蕾,程志刚,吴琼,等. 基于MCI指数的东北地区1961—2014年气象干旱特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(10):118-124. [Feng Donglei,Chen Zhigang,Wu Qiong,et al. Meteorological drought characteristics in Northeast China from 1961 to 2014 based on the comprehensive monitoring index analysis[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2017,31(10):118-124.]

[7] 廖要明,张存杰. 基于MCI的中国干旱时空分布及灾情变化特征[J]. 气象,2017,43(11):1402-1409. [Liao Yaoming,Zhang Cunjie. Spatio-temporal distribution characteristics and disaster change of drought in China based on meteorological drought composite index[J]. Meteorological Monthly,2017,43(11):1402-1409.]

[8] 杨玮,谢五三,王胜,等. 气象干旱综合监测指数在安徽省的适用性分析[J]. 气象科技,2018,46(5):988-998. [Yang Wei,Xie Wusan,Wang Sheng,et al. Comparison of comprehensive meteorological drought index with other drought indices and its applicability in Anhui province[J]. Meteorological Science and Technology,2018,46(5):988-998.]

[9] 吴琼,赵春雨,王大钧,等. 1951—2014年辽宁省气象干旱时空特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(3):151-157. [Wu Qiong,Zhao Chunyu,Wang Dajun,et,al. Spatial and temporal characteristics of meteorological drought in Liaoning Province from 1951 to 2014[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2016,30(3):151-157.]

[10] 穆佳,邱美娟,谷雨,等. 5种干旱指数在吉林省农业干旱评估中的适用性[J]. 应用生态学报,2018,29(8):2624-2632. [Mu

Jia, Qiu Meijuan, Gu Yu, et al. Applicability of five drought indices for agricultural drought evaluation in Jilin Province, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(8): 2624 – 2632.]

[11] 李红梅,李林,李万志,等. 气象干旱监测指标在青海高原的适用性分析[J]. 干旱区研究,2018,35(1):114 – 121. [Li Hongmei, Li Lin, Li Wanzhi, et al. Applicability of meteorological drought indices in drought monitoring in the Qinghai plateau[J]. Arid Zone Research, 2018, 35(1): 114 – 121.]

[12] 汪青春,李凤霞,刘宝康,等. 近50 a来青海干旱变化及其对气候变暖的响应[J]. 干旱区研究,2015,32(1):65 – 72. [Wang Qingchun, Li Fengxia, Liu Baokang, et al. Variation in drought and its response to climate warming in Qinghai plateau in recent 50 years[J]. Arid Zone Research, 2015, 32(1): 65 – 72.]

[13] 唐敏,张勃,张耀宗,等. 基于SPEI和SPI指数的青海省东部农业区春夏气象干旱特征的评估[J]. 自然资源学报,2017,32(6):1029 – 1042. [Tang Min, Zhang Bo, Zhang Yaozong, et al. Assessment of spring and summer meteorological droughts based on SPEI and SPI in eastern agricultural region of Qinghai Province[J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(6): 1029 – 1042.]

[14] 张调风,李林,刘宝康,等. 基于SPEI指数的近52年青海省农(牧)作物生长季干旱动态格局分析[J]. 生态学杂志,2014,33(8):2221 – 2227. [Zhang Tiaofeng, Li Lin, Liu Baokang, et al. Dynamic pattern of drought in crop (grass) growth season over Qinghai Province during last 52 years, based on standardized precipitation evapotranspiration index[J]. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(8): 2221 – 2227.]

[15] 刘义花,李林,苏建军,等. 青海省春小麦干旱灾害风险评估与区划[J]. 冰川冻土,2012,34(6):1416 – 1423. [Liu Yihua, Li Lin, Su Jianjun, et al. Risk division of pasture drought in Qinghai Province based on loss assessment[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2012, 34(6): 1416 – 1423.]

[16] 中国气象局. GB/T20481 – 2006 气象干旱等级[S]. 北京:中国标准出版社,2006. [China Meteorological Bureau. GB/T20481 – 2006 Meteorological Drought Level[S]. Beijing: China Standard Press, 2006.]

[17] 王莘. 中国气象灾害大典(青海卷)[M]. 北京:气象出版社,2007:56 – 78. [Wang Xin. China Meteorological Disasters (Qinghai)[M]. Beijing: China Meteorology Press, 2007: 56 – 78.]

Research on the variation characteristics of spring drought in the Qinghai Province under the background of climate warming

LIU Yi-hua[1], WANG Zhen-yu[2], LIU Cai-hong[1], ZHU Bao-wen[3]

(1. *Climate Center of Qinghai*, *Xining* 810001, *Qinghai China*;
2. *Qinghai Meteorological Information Center*, *Xining* 810001, *Qinghai China*;
3. *Qinghai Meteorological Administration training center*, *Xining* 810001, *Qinghai*, *China*)

Abstract: Based on the data obtained from 35 meteorological stations and the drought disaster events that occurred from 1961 to 2018, this study analyzed the spring rainless and drought days in the Qinghai Province. The results showed that: (1) there was a significant increasing trend with respect to the temperature and precipitation, however, there was no obvious trend for the rainless days in the eastern agricultural region and the pastoral region. (2) There were no obvious trends for the light, middle and severe-drought times during the previous 57 years, however, a slightly increasing trend was observed for the severe-drought times. In particular, the light and severe-drought times have demonstrated an obviously increasing trend in the eastern agricultural region since the 2000s, and the spatial distribution of the different scales of drought has decreased from south to north. (3) A decreasing trend can be observed with respect to the drought times and different scales in the pastoral region, in particular, there was an obvious decrease in the light-drought times and the spatial distribution of the different scales of drought times decreased from north to south. (4) The drought disasters exhibited a continually decreasing trend of 2.4 occurrences per decade, and the highest trend was observed in the eastern agricultural region. (5) There was a remarkable abrupt change in the drought times in 1981 in the pastoral region of the Qinghai Province, however, no obvious change was observed in the eastern agricultural region.

Key words: climate warming; drought; Meteorological drought composite index (MCI); spatial and temporal variation; Qinghai Province